中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(1)：47～56（1996）

不整地玉米膝高期淹施^{15}N—尿素後氮素之追蹤[1]

連 深[2] 王鐘和[2] 李瑞成[3]

摘要：本試驗前後於學甲兩處及霧峰一處不整地秋作玉米田進行。基肥於播種時施用 N、P_2O_5、K_2O 各70，105及70 kg/ha。試驗方法係於玉米膝高期設置內框和外框，以三種水量（5mm，50mm 及100mm）淹施尿素（以N計70 kg/ha）；內框內施用 5 atom%的^{15}N標識尿素，而內框與外框所圍部分則施用一般尿素，並於尿素淹施後的特定時日追蹤內框所施標識氮素在土壤中之動態及玉米之吸收。

試驗結果示氮肥的吸收率隨淹施的水量而異，並有顯著土壤間差異；滲透性較好的學甲土壤以 50mm 爲宜，而滲透性較差的霧峰土壤則以 5mm 爲宜。霧峰土壤淹施 50mm 以上水量則氮肥的吸收率顯著降低，而學甲土壤則以淹施 50～100mm 者氮肥吸收率較高。惟學甲土壤如淹施100mm 水量卻有氮肥滲濾至70公分以下層跡象，有污染地下水虞。

以上土壤間差異可能與土壤之 pH 值及淹施尿素後土壤水分含量之差異所致氨揮散和脫氮等差異有關，文中曾詳加討論。

關鍵詞：^{15}N、尿素、淹施、玉米、氮素吸收。

前報[4]以^{15}N標識的硫酸銨追蹤秋作玉米各生育期所施氮肥的吸收率，已知玉米不同生育期及耕作方法下所施氮肥之吸收率差異很大；基肥之吸收率最低，僅10～28%。膝高期追肥的吸收率最高，達44～58%，其中有整地之下所施追肥因有培土，吸收率較高，而不整地下所施肥料則因施肥後不培土，吸收率較低。

故膝高期乃玉米施肥之適當時期。膝高期施肥若以尿素隨適當的水量淹施（或於施肥後立即以適量的水淹灌），將使肥料滲入適當的土層中，可避免在土壤表面之揮散損失，亦有利於作物吸收；如有適當設施配合，且可節省施肥勞力。此種尿素之淹施在不整地栽培之下尤可適用，因在該栽培制度下所施氮肥無法培土，較易損失。此種尿素之淹施在玉米抽穗期亦可適用；因該生育期玉米植株已甚茂盛，人工追肥不易，施肥後亦無法培土易導致氮肥之揮散損失。許多試驗結果亦證實該生育期之追施氮肥（穗肥）有效，且有必要[2,3,5,8,9]。

但淹施尿素時，如水量過多將使肥料滲入過深的土層，不單不被作物吸收，亦會污染地下水。是故淹施之適當水量如何？土壤間有何差異？等，亟需加以探討。有關肥料的淹施，本省在甘蔗方面已有若干研究[6,7]。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1830 號。
2. 臺灣省農業試驗所研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 行政院原子能委員會　核能研究所副研究員。臺灣省　桃園縣　龍潭鄉。

材料與方法

一、試驗地點之土壤性質及試驗期間

本試驗於1991年秋作在霧峰（省農試所農場）及學甲（頂州）各一處進行，1992年秋作則在學甲（大彎）一處進行。試驗地點之一般土壤性質如表 1，剖面各層土壤之水分特性及1/3巴氣壓下之空氣孔隙率如表 2 及 3 。

表 1. 各試驗地一般土壤性質

Table 1. General properties of soils at each experimental location.

Location	Depth (cm)	Parent material	Soil series	Texture	Permeability	pH	Organic matter(%)
霧峰（農試所）	0～15	粘板岩、砂頁岩	七塊厝系	SiL	mod. low	5.3	1.9
Wu-feng (TARI)	15～30	混合新沖積		SiL	-low	6.4	1.3
學甲（頂州）	0～15	石灰性砂頁岩	將軍系	SiL	high	8.5	1.0
Hsueh-chia (Ding-chow)	15～30	沖積		SiL		8.6	0.7
學甲（大彎）	0～15	石灰性砂頁岩	岸內系	SiL	mod. high	6.1	2.4
Hsueh-chia (Dah-wan)	15～30	沖積		SiL		7.2	1.4

表 2. 霧峰試驗地土壤剖面各層之土壤水分張力特性及田間容水量（1/3巴）下之空氣孔隙率

Table 2. Characteristic of moisture tension and air-filled porosity at field capacity (1/3 bar) at each depth in the profile of Wu-feng soil.

Depth of soil (cm)	Moisture content (v/v,%)			Air-filled porosity(v/v,%) at 1/3 bar
	1/100 bar	1/20 bar	1/3 bar	
0～15	43.9	38.0	33.7	10.2
15～30	39.1	35.0	32.1	7.0
30～45	41.2	36.3	31.4	9.8

表 3. 學甲（大彎）試驗地土壤剖面各層之土壤水分張力特性及田間容水量（1/3巴）下之空氣孔隙率

Table 3. Characteristics of moisture tension and air-filled porosity at field capacity (1/3 bar) at each depth in the profile of Hsueh-chia soil.

Depth of soil (cm)	Moisture content (v/v,%)			Air-filled porosity(v/v,%) at 1/3 bar
	1/100 bar	1/20 bar	1/3 bar	
0～ 18	57.8	48.5	37.8	20.0
18～ 26	44.3	39.6	36.4	7.9
26～ 47	44.3	41.1	37.1	7.2
47～ 81	48.6	43.8	38.2	10.4
81～113	49.7	45.3	42.4	7.3
113～150	52.9	49.2	45.9	7.0

二、秋作玉米之栽培方式及試驗處理

各試驗地之玉米栽培均以不整地方式進行；秋作玉米前均有夏作田菁，並於田菁高達1.5～2.0m時以「圓盤切割式施肥播種機」施用基肥（N、P_2O_5、K_2O 各70，105，70kg/ha 以臺肥複合肥料39號供之），同時播種玉米，而被壓倒的田菁則為玉米田之敷蓋[1]。

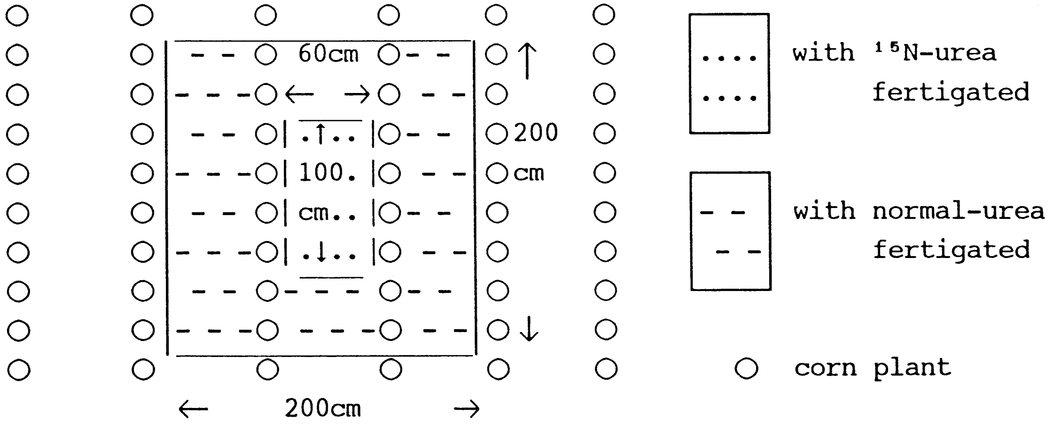
㈠試驗處理：

以不整地方式栽培秋作玉米，而於玉米膝高期設置下列三種不同水量（5，50及100mm，但頂州一地以5mm，25mm 及50mm）之尿素淹施（fertigation）處理。尿素用量一律以氮素計70kg/ha，溶於各處理水量後淹灌施用。

各處理區實施淹灌處理時均設有內框與外框；內框淹灌^{15}N 標識之尿素，而內框與外框之間則淹灌一般尿素，二者之淹灌水深（即水壓）相同，可避免內框所淹灌之標識尿素易滲入其框外，詳細如下節㈡之1。各處理區之間均有 5 公尺以上距離，以免相互間有任何因不同水量淹灌所導致之影響。各處理區均設 2 重複，以完全逢機方式排列。

㈡處理方法：

1. 內、外框之設置：以鐵製內框（60cm×100cm）之短邊（60cm）靠於兩行玉米（行距70cm）之內側，長邊靠於各行 4 株（株距25cm）之內側（頂州試地則爲各行 5 株），放置後將框之基部打入土中約3cm，使之穩固（因框高爲20cm，故設置後之框高約17cm）。再將外框（200cm×200cm）設置（亦是鐵製）使內框的位置處在其正中央，詳細如圖。外框設置方法如同內框。



2. 膝高期尿素肥料施用方法：尿素施用量一律以N計，70kg/ha，均溶於各處理及內、外各框面積（外框部分需扣除內框面積）所決定之用水量後才淹施於各個框內。內框使用^{15}N（5atom%）標識之尿素，而外框內（扣去內框部分）則使用一般之尿素。外框之外之非試驗區亦同時追施尿素，施用量與試驗區相同，惟不另予灌水。

㈢調查測定項目

1. 學甲（大彎）試驗地於尿素肥料淹施前及淹施後 2 及98天（玉米收穫時），採取各處理區內框內土壤，自土表0～5，5～10，10～15，15～20，20～30，30～40，40～50，50～60，60～70，70～80cm　各層樣本。樣本之採取係以內徑5.7公分之土鑽爲之。每次樣本之採取係自內框（長方形）較長的各端各採一孔，故每個內框可採得各個土層之土壤本兩個。採土後遺留之孔則以鄰田採取相對土層之土壤填充，以免影響其餘內框試區之完整性，可供繼續往後之採樣。所採得之土壤樣本均立即供水分和銨態氮、硝酸態氮之測定，並經風乾後供全氮和^{15}N 富含量之測定。

霧峰試驗地亦於淹施前及淹施後(但於 1 ， 2 及 8 天)，以同法採取土壤，供水分之測定。

2. 於玉米成熟期收穫內框兩側之玉米各 2 株（即各側 4 株中去除邊緣各 2 株）合計 4 株（頂州試地則收穫內框兩側之玉米各 3 株，合計得 6 株），烘乾後分爲子實和藁（包括根、莖、葉、葉鞘、穗軸及穗苞葉）各部分，稱重，磨粉後並測氮素含量及 ^{15}N 富含量，以求得各種處理下之玉米全株 ^{15}N 吸收量，再除以相當於該 4 株（頂州試地爲 6 株）所施予之尿素—^{15}N 量，即可求得尿素肥料之吸收率。

結果與討論

一、玉米生育狀況及膝高期所淹施尿素之吸收利用情形

(一)玉米生育狀況

本試驗以三種水量淹施^{15}N—尿素（以N計，70 kg/ha）於膝高期玉米田，結果玉米收穫期各區之收量、氮素含量及吸收量如表 4 ，5 及 6 。

由表 4 可見霧峰試地各處理區之子實收量和氮素吸收量均以 5mm 區爲最高（子實收量408 g/4 plant），依次爲50及100mm 區，100mm 區之子實收量335g/4 plant 最低，惟二者之差異並不顯著（子實收量相當於5.5～6.7t/ha，以含水量13.5%計。以下亦同）。表 5 學甲頂州試地則示各處理區子實收量和氮素吸收量均以50mm 區爲最高，5 及 25mm 區較低（子實收量490～581 g/6plant，相當於5.4～6.4 t/ha）。表 6 學甲大彎亦示各處理收量和氮素含量均以50mm 區和100mm 區爲最高，二者相差無幾，而 5mm 則爲最低（子實收量362～418 g/4 plant，相當於5.9～6.9t/ha）。

表 4. 霧峰農試所各處理區玉米收量^{z}及氮素含量（1991秋作）

Table 4. Yields and contents of nitrogen at harvest of the maize plants fertigated with different depths of water at knee-high stage (Wu-feng, TARI, 1991 fall crop)

Treatment (mm,water)	g./4 Plants		Harvest Index	% N		N (g./4 plants)		
	Grain	Stover		Grain	Stover	Grain	Stover	Total
5	408a	568a	0.42	1.34	0.85	5.45	4.86	10.31
50	370a	561a	0.40	1.38	0.80	5.13	4.49	9.62
100	335a	499a	0.40	1.38	0.80	5.08	4.01	9.09

^{z} Values in columns sharing a common letter are not significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test.

表 5. 學甲頂州各處理區玉米收量^{z}及氮素含量（1991秋作）

Table 5. Yields and contents of nitrogen at harvest of the maize plants fertigated with different depths of water at knee-high stage (Hsueh-chia, Ding-dhow, 1991 fall crop)

Treatment (mm,water)	g./6 Plants		Harvest Index	% N		N (g./6 plants)		
	Grain	Stover		Grain	Stover	Grain	Stover	Total
5	516a	791a	0.40	1.63	0.83	8.40	6.62	15.02
25	490a	834a	0.37	1.63	0.90	7.99	7.53	15.52
50	581a	951a	0.38	1.60	0.83	9.30	7.87	17.17

^{z} The same as in Table 4.

表 6. 學甲大彎各處理區玉米收量[z]及氮素含量（1992秋作）

Table 6. Yields and contents of nitrogen at harvest of the maize plants fertigated with different depths of water at knee-high stage (Hsueh-chia, Dah-wan, 1992 fall crop)

Treatment (mm,water)	g./4 Plants		Harvest Index	% N		N (g./4 plants)		
	Grain	Stover		Grain	Stover	Grain	Stover	Total
5	362a	527a	0.41	1.70	0.94	6.12	4.93	11.0
50	398a	592a	0.40	1.60	1.01	6.35	5.94	12.3
100	418a	662a	0.39	1.71	0.94	7.14	6.21	13.4

[z] The same as in Table 4.

以上結果概示霧峰試地之淹施水量以 5mm 區較優；50及 100mm 區較差，尤以 100mm 爲最。反之，學甲二試驗地則以 50～100mm 區較優，5mm 區最差。惟以上差異均未達顯著標準，乃因試區面積小，試驗植株只有 4 ～ 6 株，變異大之故。此種試區小之缺點卻可以以同位素追蹤技術提高試驗靈敏度獲得補救；此亦即本研究以標識之^{15}N 尿素探討有關問題之緣由。

各試驗地玉米膝高期以不同量水淹施之尿素標識氮素在收穫期之分布及吸收率如表 7 ，8 及 9 。

(二)標識尿素之吸收率

由表 7 ，8 及 9 可見氮肥的吸收率隨淹施的水量有顯著差異；霧峰試地以 5mm 區最高，50 mm 區則顯著降低氮肥的吸收率（表 7 ）。學甲兩處試驗地均以 5mm 區之吸收率爲最低，並以 50mm 區或 100mm 區爲最高（表 8 及 9 ）。

表 7. 霧峰農試所各處理區膝高期所施尿素—^{15}N之玉米吸收利用情形[z]（1991秋作）

Table 7. Percentage uptake by maize at harvest of the tagged urea-N fertigated with different depths of water at knee-high stage (Wu-feng, TARI, 1991 fall crop)

Treatment (mm,water)	%^{15}N excess(x10^{-3})		^{15}N uptake(mg/4 plants)			%uptake of the urea treated
	Grain	Stover	Grain	Stover	Total	
5	416a	392a	22.1a	18.5a	40.6a	35.2a
50	313a	299a	15.9ab	13.4ab	29.3ab	25.4ab
100	213a	191a	9.7b	7.6b	17.3b	15.0b

[z] Values in columns sharing a common letter are not significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test.

表 8. 學甲頂州各處理區膝高期所施尿素—^{15}N之玉米吸收利用情形[z]（1991秋作）

Table 8. Percentage uptake by maize at harvest of the tagged urea-N fertigated with different depths of water at knee-high stage (Hsueh-chia, Ding-chow, 1991 fall crop)

Treatment (mm,water)	%^{15}N excess(x10^{-3})		^{15}N uptake(mg/6 plants)			%uptake of the urea treated
	Grain	Stover	Grain	Stover	Total	
5	106b	76b	8.8b	5.0b	13.8b	7.4b
25	401a	410a	32.2a	30.6a	62.8a	33.7a
50	423a	399a	39.3a	31.4a	70.7a	38.0a

[z] The same as in Table 7.

表 9. 學甲大彎各處理區膝高期所施尿素—^{15}N之玉米吸收利用情形[z]（1992秋作）

Table 9. Percentage uptake by maize at harvest of the tagged urea-N fertigated with different depths of water at knee-high stage (Hsueh-chia, Dah-wan, 1992 fall crop)

Treatment (mm,water)	%^{15}N excess(x10^{-3})		^{15}N uptake(mg/4 plants)			%uptake of the urea treated
	Grain	Stover	Grain	Stover	Total	
5	74b	68b	4.8b	3.3b	8.1b	7.0b
50	334a	326a	21.1a	19.2a	40.3a	34.8a
100	324a	342a	23.1a	21.3a	44.3a	38.4a

[z] The same as in Table 7.

霧峰一地淹水量增加時，所施氮素之吸收率降低可能與該地土壤滲透率較差，淹水後表層（0～20cm）土壤含水量有一段時間偏高（對照表10及表2可見其淹灌 50mm 以上者，水分張力在淹後8天仍概低於1/20bar），通氣性較差，以致施肥後之脫氮作用較盛等有關，惟確切數據仍待探求。學甲兩試驗地5mm區之肥料氮素吸收率最低預料係與此等土壤之 pH 值較高有關；在淹水量很少的情形下，所施尿素均留在土壤表層，一方面增加氨揮散，另一方面亦因氮素未能滲入根群旺盛的土層，均會導致其吸收率降低。

學甲土壤因滲透性較佳，即使淹施 50～100mm 亦未導致土壤之含水量過高（對照表11及表3可見其0～60公分土層之水分張力於淹施後2天時均概已提高至1/3bar 以上），預料不致有顯著的氮損失，故無論是 50mm 或 100mm 區，肥料氮素的吸收率均高。惟從土壤剖面中標識氮素之分布觀之，100mm 區卻有肥料氮素滲入70cm以下土層跡象。此等滲入深層之氮素，由表9看來，顯然不致於對玉米之吸收利用有何顯著的不良影響，惟其是否有污染地下水嫌，擬於下節討論。

二、膝高期淹施尿素在土壤中之入滲轉化情形

(一)霧峰及學甲（大彎）各試驗地玉米膝高期尿素淹施前及後各區土壤剖面之水分分布情形如表10及11。

表 10. 霧峰農試驗地以不同量水淹灌後1，2及8天時土壤剖面各層水分含量（v/v，%）（1991秋作，膝高期）

Table 10. Volumetric moisture content at each depth in the profile of Wu-feng soil at 1，2 and 8 days after flood fertigation. (1991 fall crop, knee-high stage)

Depths of soil(cm)	Before fertigation	5 mm, flood fertigation			50 mm, flood fertigation			100 mm, flood fertigation		
		1 day	2 days	8 days	1 day	2 days	8 days	1 day	2 days	8 days
0～5	37.0	36.8	32.2	32.6	46.7	45.9	37.2	49.5	47.0	37.2
5～10	34.0	34.0	32.6	31.9	38.9	41.7	35.4	40.5	38.4	35.0
10～20	38.3	37.2	36.6	33.0	39.4	40.6	40.0	42.9	41.8	40.0
20～30	28.4	28.4	27.0	24.2	33.2	33.0	29.4	33.1	32.7	31.6
30～40	26.9	28.4	26.9	26.4	31.9	30.4	27.9	29.3	30.0	27.9
40～50	26.9	28.7	29.1	27.9	32.0	28.8	30.0	32.9	30.7	29.7
50～60	27.5	28.3	28.3	25.2	28.3	30.3	31.2	33.0	31.1	31.4
60～70	27.4	26.8	—	27.6	28.4	31.2	30.3	29.0	—	30.2
70～80	26.3	26.8	29.0	24.3	28.5	—	29.9	25.4	26.5	—

表 11. 學甲(大彎)試驗地以不同量水淹灌後 2 天時，土壤剖面各層之水份含量(v/v，%)(1992秋作，膝高期)
Table 11. Volumetric moisture content at each depth in the profile of Hsueh-chia soil at 2 days after flood fertigation. (1992 fall crop, knee-high stage)

Depth of soil (cm)	Before fertigation	flood fertigation		
		5 mm	50 mm	100 mm
0～ 5	18.0	23.9	40.3	41.3
5～10	24.3	26.9	35.4	35.9
10～15	25.2	28.3	34.3	35.7
15～20	28.6	31.1	35.4	34.5
20～30	29.0	30.5	34.6	34.7
30～40	30.3	30.0	34.1	32.7
40～50	32.0	—	34.0	34.3
50～60	35.3	—	36.8	38.0
60～70	36.2	—	—	37.9
70～80	36.8	—	—	37.0

學甲試驗地各區淹灌後 2 天時，土壤剖面各層水分含量之增加情形另示於圖 1。

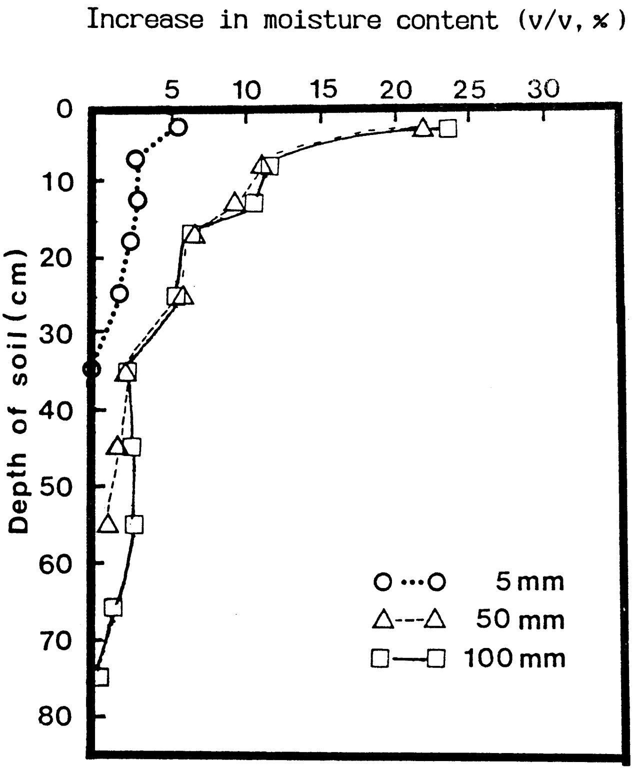


圖 1. 學甲試驗地淹施後 2 天時土壤剖面各層水分含量（容量%）之增加（學甲大彎，1992秋作，膝高期）
Fig 1. Increase in volumetric moisture content at each depth in the profile of Haueh-chia soil at 2 days after flood fertigation. (Hsueh-chia, Dah-wan, 1992 fall crop, knee-high stage)

㈡學甲試驗地淹施尿素後 2 天時各層土壤無機態氮和標識氮含量之分布。

學甲試驗地膝高期尿素淹施前及淹施後 2 天各層土壤中無機態氮濃度之變動情形如表12。

由表12可見尿素淹施後 2 天，除 100mm 區 0-5cm 層外，各層土壤均有無機態氮濃度的顯著增加；不同土層所增加的無機態氮濃度，依淹水量之多寡而有顯著差異。各層土壤無機態氮之80～90%均爲硝酸態（詳細數據因篇幅關係從略），餘者則爲銨態。可見學甲試地不單尿素之銨轉化迅速，其銨之硝酸化亦甚迅速。

表 12. 學甲試驗地淹施前及後 2 天土壤剖面各層之無機態氮素含量 (mg/kg)[z]（學甲大彎，1992秋作膝高期）
Table 12. Concentration (mg/kg)[z] of inorganic N at each depth in the profile of Hsueh-chia soil before and at two days after fertigation
(Hsueh-chia, Dah-wan, 1992 fall crop, knee-high stage)

Depth (cm) of soil \ Date of sampling / Treatment (mm)	Before fertigation[y]	2 days after fertigation[x]			
		5	50	50*	100
0～ 5	61.2(24.1)	109.7(21.0)	68.4(7.2)	92.6(34.5)	36.1(3.3)
5～10	24.0 (3.6)	40.6 (2.9)	43.8(7.3)	65.7 (8.1)	32.9(1.1)
10～15	18.3 (0.3)	30.0 (4.8)	32.1(4.2)	53.5 (6.2)	30.7(0.8)
15～20	18.9 (2.2)	22.9 (4.1)	29.4(3.1)	41.4 (8.6)	26.4(0.6)
20～30	15.5 (1.0)	16.1 (0.9)	20.3(4.2)	33.3 (4.1)	16.6(2.5)
30～40	15.5 (7.9)	15.5 (8.8)	19.3(1.1)	22.9 (4.2)	18.7(0.9)
40～50	11.0 (2.2)		18.5(6.8)	22.0 (0.9)	12.2(4.1)
50～60	10.2 (1.4)		21.7(0.3)	17.3 (4.1)	19.1(2.2)
60～70	11.9 (1.0)				15.8(6.2)
70～80	20.9 (0.9)				18.2(2.0)

z Mean of two replications with standard error in parenthesis.
y 538 kg/ha of compound fertilizer, corresponding to 70，105and 70 kg/ha of N, P_2O_5 and K_2O, respectively was side-dressed to all the treatment (plots) as basal at sowing.
x 70 kg/ha of urea-N was fertigated with 5，50 and 100 mm depth of water, respectively to each treatment (plot) at knee-high stage as top-dressing. The rate of N was doubled in the treatment (plot) 50*.

表12更示以 5mm 水淹施尿素的試區，施肥後 2 日，在表土 0 ～15cm 層，尤其是其中之 0 ～15cm 層，有顯著的無機氮濃度增加，但15cm 以下各層則否，顯示所施肥料僅影響 0 ～15cm 以上表層。以100mm 水淹施者則其無機態氮濃度在 0 ～5cm 層反而減少，而在 5 ～70cm 層則有顯著的增加。顯示所施肥料已滲至 60～70cm 深層。至於 50mm 區則在 0 ～60cm 各層均見施肥所致無機態氮之增加，但未如 100mm 區因淹灌水量多，連表層原有的無機態氮亦淋洗至下層的現象。

對照圖 1 及表12可見尿素在學甲土壤中隨著淹施水量的增加往下之入滲甚爲明顯；當水量增至 100mm 時甚至將 0 ～5cm 表層原有之無機態氮淋下，並且其尿素氮亦已迅速轉化爲銨態並由銨態迅速更轉化爲硝酸態氮，而有滲下 60～80cm 層跡象。這種跡象由^{15}N一尿素淹施後 2 天各土層 ^{15}N 富含量之分布更易明瞭（圖 2 ）此種滲入深層之氮素，依據表 9 玉米之 ^{15}N 吸收利用率在 50mm 區與 100mm 區並無顯著差異之事實看來，顯然仍可爲玉米吸收利用，惟另由本試驗地地下水位有時可昇至80～90cm事實看來，則其滲濾至 70～80cm 土層之硝酸態氮素亦不無污染地下水虞。

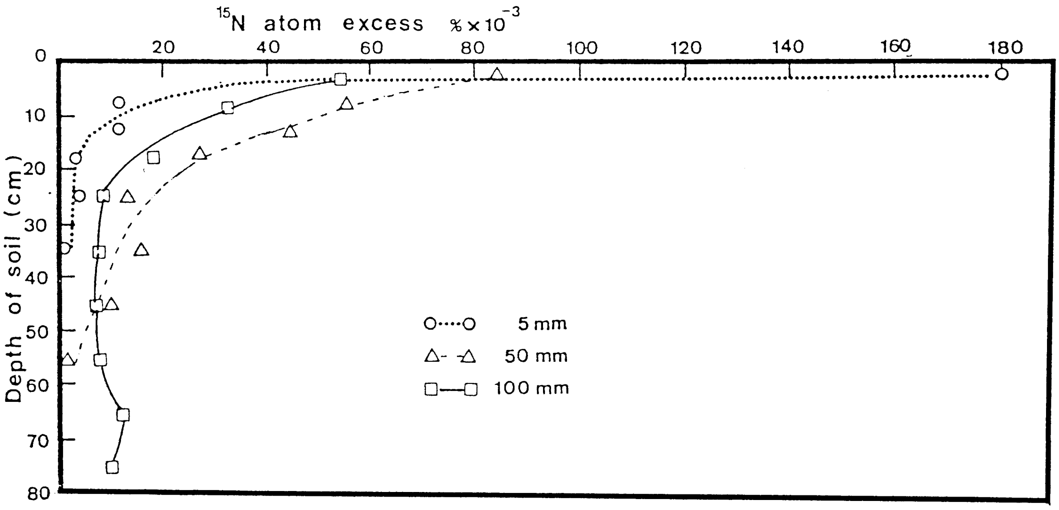


圖 2. 學甲試驗地以不同量水淹施^{15}N－尿素後 2 天，土壤剖面各層中標識氮素之分布

Fig. 2. Profile distribution of labelled N in Hsueh-chia soil at 2 days after flood fertigation (^{15}N atom excess %×10^{-3}, mean of two replications)

結　論

尿素之淹施乃是不整地玉米之較佳施肥方式，惟淹施之適當水量有顯著的土壤間差異。滲透率低之土壤若淹施過量水分將增長脫氮機會。反之，滲透率高之土壤若淹水量過多則有污染地下水之嫌。霧峰和學甲之淹施水量各以 5mm 和 50mm 爲宜。

誌　謝

本研究承行政院國家科學委員會經費補助（NSC 82-0409-B055-014），所用^{15}N－尿素之一部分係在中斐合作計畫「氮素模式發展」下，南斐土壤與灌漑研究所(現名：土壤，大氣與水質研究所)所提供，謹一併致謝。

引用文獻

1. 連　深、王鐘和。1988。田菁中間作與耕耘方式對水稻、玉米輪作田土壤理化性質及玉米生產之影響。中華農業研究 37(4)：416—423.
2. 連　深、張庚鵬。1991。玉米各生育期所吸收氮素之行動與子實生產之關係。中華農業研究 40：123—132.
3. Below F.E., L.E. Christensen, A.J. Reed and R.H. Hagemen. 1981. Availability of reduced N and carbohydrate for ear development of maize. Plant Physiol. 68：1186-1190.
4. Lian S. 1993. Fate of nitrogen applied to corn under the rice-corn system. Chinese Agric. Chem. Soc., 31：200-212.
5. Swand, J.C.F.E. Below, R.L. Lambert and R.H. Hageman. 1982. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70：1185-1190.
6. Tsai, C.S., Y.T. Fang, Y.Y. Chan and C.F. Chen. 1990. Field evaluation of furrow irrigation equipped with under-ground pipeline and fertilization for sugarcane in Taiwan. Taiwan Sugar, 37(5)：9-13.
7. Tsai, C.S., Y.T. Fang, Y.Y. Chan and C.F. Chen. 1991. Transformation and distribution of urea in sandy loam after fertigation. Taiwan sugar 38(4)：8-12.
8. Tsai, C.Y., D.M. Huber and H.L. Warren. 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18(3)：399-404.
9. Tsai C.Y., D.M. Huber and H.L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutelin as N sinks in maize. Plant Physiol. 66：330-333.

Tracing of the Labelled Urea-N Flood-fertigated with Different Depths of Water at Knee-high Stage under No-till Conditions[1]

Shen Lian[2], Chong-Ho Wang[2] and Shui-Cheng Lee[3]

Summary

Five atom % ^{15}N-urea was used to study both the uptake by crop and the residual N in soil of the urea-N flood-fertigated with different depths of water (i.e,5mm,25mm50mm and 100mm) at the knee-high stage in no-till maize field. The rate of N applied was 70 kg/ha. A double flame was used to flood-fertigate the corn plant. In the subplot surrounded by the inner flame, the ^{15}N-urea together with the afore-mentioned depths of water was flood-fertigated, while in the plot between the outer and inner flames, the ordinary urea together with the same depth of water as in the inner flame was flood-fertigated. The plant uptake of labelled nitrogen as well as the distribution of residual ^{15}N in the soil profile were studied.

The percentage uptake of the urea-N differed significatly between the depths of water flooded and also between the locations.

At the loctions of Wu-feng, where the permeability of soil is classified as low to moderate, the uptake was the highest with the least amout of water (i. e., 5mm) added. The uptake reduced significantly in accordance with the increase in the depth of water flooded and was the least with 100mm flooding. The reduction perhaps was related to the more denitrification prevalent in the soil with greater depths of flood-fertigation.

At the locations of Hsueh-chia, where the permeability of soil is classified as moderate to well, the uptake was the lowest with the least amount of water flooded. The loss of nitrogen through volatilizion was expected to be high in these soils of higher pH, particularly with the surface application of urea. At these locations, the uptake was the highest with the 50-100mm flooding, as the urea applied was leached into the sub-surface layers of soils and the loss of nitorgen through volatization could be avoided. Denitrification is not prevalent in these soils due to the better aeration in these soils. The flood-fertigation with 100mm, however, was found apt to contaminate grownd water with nitrate, as the distribution of residual ^{15}N in the soil profile reveal such indication.

Key words : ^{15}N, Urea, Fertigation, Maize, N uptake.

---

1. Contribution No. 1830 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively Soil Scientist and Assistant Soil Scientist, Taiwan Agricultural Research Institute. Wufeng Taichung, Taiwan. ROC.
3. Associate Chemist, Institute of Nuclear Energy Research, Atomic Energy Council, Executive Yuan. Lungtan, Taoyuan, Taiwan, ROC.